

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(B)

(11)Publication number : 2000-311929

(43)Date of publication of application : 07.11.2000

(51)Int.CI.

H01L 21/66
G01R 1/06
G01R 31/02
G01R 31/302

(21)Application number : 11-120993

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 28.04.1999

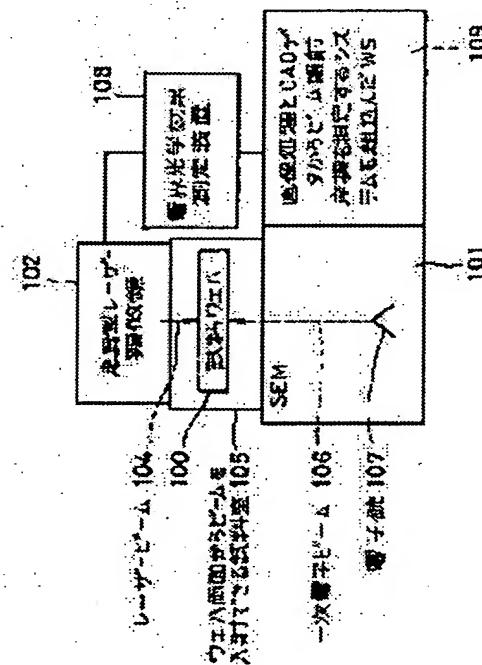
(72)Inventor : SUMITOMO HIROSHI

(54) APPARATUS AND METHOD FOR DETECTING BROKEN WIRE FAILURE OF SEMICONDUCTOR INTEGRATED CIRCUIT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a broken wire failure detection system for monitoring the working condition of a manufacturing apparatus in an IC process for maintaining the manufacturing yield of ICs.

SOLUTION: In an IC manufacturing process, an electric field is formed over a diffused layer by radiating an electron beam 106 on a wafer 100 from the wiring layer forming side after one step ends or utilizing electric charges stored at the side of forming the wiring layer due to interaction of a plasma with a wafer surface during the manufacturing process, a laser beam 104 is radiated from a substrate back surface, and an electric field optical effect detector 108 detects the phase or intensity change of a reflected light due to the electric field change, thereby identifying the wiring which causes a broken wire failure.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3287332

[Date of registration] 15.03.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

[decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-311929

(P2000-311929A)

(43)公開日 平成12年11月7日 (2000.11.7)

(51)Int.Cl.⁷

H 01 L 21/66
G 01 R 1/06
31/02
31/302

識別記号

F I

H 01 L 21/66
G 01 R 1/06
31/02
31/28

マークコード(参考)

S 2 G 0 1 1
F 2 G 0 1 4
2 G 0 3 2
L 4 M 1 0 6
9 A 0 0 1

審査請求 有 請求項の数16 OL (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平11-120993

(22)出願日

平成11年4月28日 (1999.4.28)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 住友 洋志

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100088812

弁理士 ▲柳▼川 信

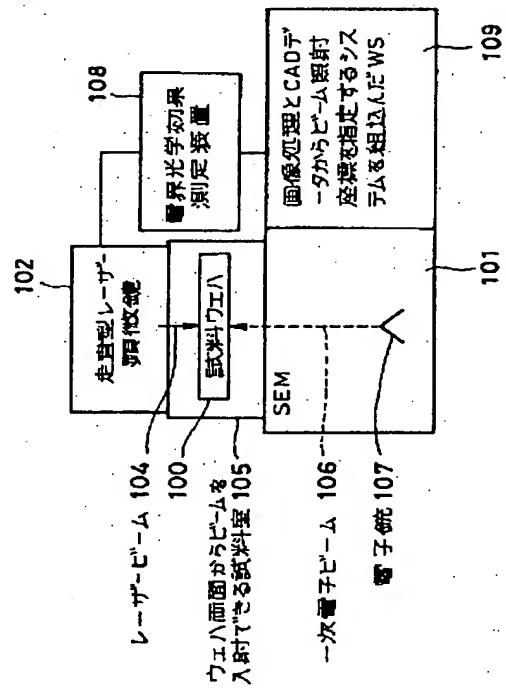
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体集積回路の断線故障検出装置及びその断線故障検出方法

(57)【要約】

【課題】 ICの製造歩留まりを維持するためにICプロセス中での製造装置の稼動状況をモニタするための断線故障検出システムを得る。

【解決手段】 IC製造プロセス中で、一工程終了後のウェハ100に対して配線層を形成する側から電子ビーム106を入射し、または製造プロセス中でのプラズマとウェハ表面の相互作用による配線を形成する側の帯電を利用して、拡散層に電界を生ぜしめ、その電界変化を基板裏面からレーザー光104を入射して、反射光の位相や強度変化を電界光学効果検出装置108によって検出して断線故障の生じている配線を特定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 検査対象となる半導体集積回路を形成中の半導体ウェハに対して配線層形成側から電子ビームを照射しこの配線層を介して拡散層に電界を生じせしめる電子ビーム照射手段と、前記ウェハの基板側から赤外波長域のレーザーを走査照射するレーザー照射手段と、前記レーザーの反射強度や位相の変化を入射光との干渉によって測定検出する測定手段と、この測定結果に従って前記ウェハの断線故障領域を検出する検出手段とを含むことを特徴とする断線故障検出装置。

【請求項2】 前記測定手段は、前記レーザーの反射強度や位相の変化に応じて前記ウェハの各領域の変位データを電位像として出力する手段を有することを特徴とする請求項1記載の断線故障検出装置。

【請求項3】 前記検出手段は、前記ウェハの拡散層形成直後の電位像から得られた参照用データを格納する手段と、前記ウェハの各製造工程終了後に前記電位像を取得して前記参照用データと夫々比較することによって、前記断線故障が生じた工程と前記断線故障が生じた領域とを推定する手段とを有することを特徴とする請求項2記載の断線故障検出装置。

【請求項4】 前記測定手段は、前記レーザーの反射強度や位相の変化に応じて前記ウェハの拡散層の電位波形を出力する手段を有することを特徴とする請求項1記載の断線故障検出装置。

【請求項5】 前記検出手段は、前記ウェハの各製造工程終了後に前記電位波形を取得してこの電位波形に応じて前記断線故障が生じた工程を推定する手段を有することを特徴とする請求項4記載の断線故障検出装置。

【請求項6】 前記検出手段は、前記ウェハの拡散層形成直後の前記電位波形を参照用データとして格納する手段を有し、この参照用データと前記各製造工程終了後に取得した前記電位波形とを比較することにより前記断線故障が生じた工程を推定するようにしたことを特徴とする請求項5記載の断線故障検出装置。

【請求項7】 前記電子ビーム照射手段及びレーザービーム照射手段の照射箇所を特定するための物理座標を、前記集積回路を設計する際に使用されたCADデータから抽出決定する手段を含むことを特徴とする請求項4～6いずれか記載の断線故障検出装置。

【請求項8】 前記製造工程毎の断線故障の発生率を監視してそれが所定値以上になったときに、その製造工程に対応する製造装置を製造ラインから切り離して保守点検の要求をなす手段を含むことを特徴とする請求項1～7いずれか記載の断線故障検出装置。

【請求項9】 検査対象となる半導体集積回路を形成中の半導体ウェハに対して配線層形成側から電子ビームを照射しこの配線層を介して拡散層に電界を生じせしめる電子ビーム照射手段と、前記ウェハの基板側から赤外波長域のレーザーを走査照射するレーザー照射ステッ

プと、前記レーザーの反射強度や位相の変化を入射光との干渉によって測定検出する測定ステップと、この測定結果に従って前記ウェハの断線故障領域を検出する検出ステップとを含むことを特徴とする断線故障検出方法。

【請求項10】 前記測定ステップは、前記レーザーの反射強度や位相の変化に応じて前記ウェハの各領域の変位データを電位像として出力するステップを有することを特徴とする請求項9記載の断線故障検出方法。

【請求項11】 前記検出ステップは、前記ウェハの拡散層形成直後の電位像から得られた参照用データを格納するステップと、前記ウェハの各製造工程終了後に前記電位像を取得して前記参照用データと夫々比較することによって、前記断線故障が生じた工程と前記断線故障が生じた領域とを推定するステップとを有することを特徴とする請求項10記載の断線故障検出方法。

【請求項12】 前記測定ステップは、前記レーザーの反射強度や位相の変化に応じて前記ウェハの拡散層の電位波形を出力するステップを有することを特徴とする請求項1記載の断線故障検出方法。

【請求項13】 前記検出ステップは、前記ウェハの各製造工程終了後に前記電位波形を取得してこの電位波形に応じて前記断線故障が生じた工程を推定するステップを有することを特徴とする請求項12記載の断線故障検出方法。

【請求項14】 前記検出ステップは、前記ウェハの拡散層形成直後の前記電位波形を参照用データとして格納するステップを有し、この参照用データと前記各製造工程終了後に取得した前記電位波形とを比較することにより前記断線故障が生じた工程を推定するようにしたことを特徴とする請求項13記載の断線故障検出方法。

【請求項15】 前記電子ビーム照射手段及びレーザービーム照射手段の照射箇所を特定するための物理座標を、前記集積回路を設計する際に使用されたCADデータから抽出決定することを特徴とする請求項1～14いずれか記載の断線故障検出方法。

【請求項16】 前記製造工程毎の断線故障の発生率を監視してそれが所定値以上になったときに、その製造工程に対応する製造装置を製造ラインから切り離して保守点検の要求をなすステップを含むことを特徴とする請求項9～15いずれか記載の断線故障検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体集積回路（以下、LSIと記述する）の断線故障検出装置及びその断線故障検出方法に関し、特にLSIの製造工程での配線を接続するピアホールの接続検査とその接続異常箇所の検出方式に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 LSI製造技術においては、将来的に故障要因となり得る欠陥を製造工程で検出し、欠陥の生じ

た製品を市場に出荷しないように廃棄して信頼性を向上させることが重要な要素となっている。この目的のために、通常、半導体ウェハ（以下、単にウェハと称す）上に造り込まれた多数の回路一つ一つの電気的特性をウェハの段階で夫々試験し、良品／不良品の区別をする作業が行われる。通常、ICテストとプローバを使用して、プローブカードによりウェハ上の回路にテスターの信号を印加してテストが行われる。

【0003】このウェハに造り込まれたICチップの電気的特性をテスターにて試験する際には、ICチップの電極（パッド）とテスターとを電気的に接続するためのボード、ICチップの電極に接触する針及びその固定ボードが使用される。現在、プローブカードのピン数（針の数）は、数本から数百本のものまで作られている。

【0004】しかしながら、このような構成による作業では、製造工程がほぼ完了した時点でのみ故障が発見されるので、利益損失が大きい。図2で示すLSIの一部断面図を用いて説明すると、実際には、配線層形成プロセス中のフォトレジスト膜の残滓や異物の混入によって、配線207, 208, 209とW（タンゲステン）埋め込み電極211との接合面で、高抵抗箇所が生じる。

【0005】ウェハ段階での電気特性試験は、前工程がすべて完了した後でないと実施できない。このため、電気的故障を検出できるまで製造工程を進めた後でしか、故障の生じたLSIの選別廃棄が実施できない。そのため、従来の良品／故障品選別試験のみでは、故障が発生した工程の特定が困難であるので、正常な稼動状態にない製造装置を把握できない。よって、採算上の観点から問題となるほど多数の故障が発生した場合、異常な稼動状態に陥った製造装置を特定するために、製造ラインを休止して各製造装置の検査をせねばならず、製造コストの低減に關し十分とは言えない。

【0006】そこで、例えば、第18回LSIテスティングシンポジウム／1998、会議録pp. 160-165には、電子ビームの照射効果によるチャージアップを利用して抵抗性故障を検出する方法が開示されている。この技術では、ピアホール形成後に抜き取った製品ウェハの表面に電子ビームを照射し、ピアのタンゲステン材および絶縁膜を帶電させ、同時にSi（シリコン）基板に正及び負の直流電圧を印加した条件における異常電位コントラスト像から、電気的に導通不良を起こす致命的な欠陥位置を検出し、ピアホールの断面解析から不良要因の特定を得る様になっているので、プロセス中の断線故障検出において一応の効果を奏している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、第18回LSIテスティングシンポジウム／1998、会議録pp. 160-165に開示されている技術は、逆に、各工程で用いられる製造装置のモニタを実施するために

は、新たに製造コストがかさむという問題を有する。なぜなら、電位コントラスト像の取得時間より長い時間が断線故障箇所を検出するための画像処理に必要となり、短時間で処理するためには画像処理装置を複数台用意して並列処理が必要になるからである。しかも、LSI製造ラインへの適応を考えてみると、異常コントラストと判断するための画像解析のために、製品毎に電位像から故障と正常を識別する画像データベースの構築を必要とし、その作成と維持によって製造コストがかかるという問題を発生する。

【0008】本発明の目的は、プロセス実行中に断線故障を生じた欠陥箇所を検出し、欠陥が生じたプロセス装置をモニタすることによって、採算上の観点から断線故障発生率が無視できないほど高くなった製造装置をラインから外して保守点検などの対策を取る等の製造歩留まりを向上させることが可能な半導体集積回路の断線故障検出装置及びその断線故障検出方法を提供することである。

【0009】本発明の他の目的は、LSI製造ラインに適応可能で、製造工程途中で断線故障が多数発生したウェハないしはロットをその工程終了後に即廃棄することによって、製造コストに負荷を与える無駄な装置稼動の低減を目標とした製造ライン管理を実施できる半導体集積回路の断線故障検出装置及びその断線故障検出方法を提供することである。

【0010】本発明の更に他の目的は、LSI製造ラインに適応可能で、故障箇所が容易に推定できる領域のみで信号変化が生じ、データ解析に時間を用さないLSI製造プロセス途中での断線故障検出を実施できる半導体集積回路の断線故障検出装置及びその断線故障検出方法を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、検査対象となる半導体集積回路を形成中の半導体ウェハに対して配線層形成側から電子ビームを照射しこの配線層を介して拡散層に電界を生じせしめる電子ビーム照射手段と、前記ウェハの基板側から赤外波長域のレーザーを走査照射するレーザー照射手段と、前記レーザーの反射強度や位相の変化を入射光との干渉によって測定検出する測定手段と、この測定結果に従って前記ウェハの断線故障領域を検出する検出手段とを含むことを特徴とする断線故障検出装置が得られる。

【0012】そして、前記測定手段は、前記レーザーの反射強度や位相の変化に応じて前記ウェハの各領域の変位データを電位像として出力する手段を有することを特徴とし、また前記検出手段は、前記ウェハの拡散層形成直後の電位像から得られた参照用データを格納する手段と、前記ウェハの各製造工程終了後に前記電位像を取得して前記参照用データと夫々比較することによって、前記断線故障が生じた工程と前記断線故障が生じた領域と

を推定する手段とを有することを特徴とする。

【0013】更に、前記測定手段は、前記レーザーの反射強度や位相の変化に応じて前記ウェハの拡散層の電位波形を出力する手段を有することを特徴とし、また前記検出手段は、前記ウェハの各製造工程終了後に前記電位波形を取得してこの電位波形に応じて前記断線故障が生じた工程を推定する手段を有し、また前記検出手段は、前記ウェハの拡散層形成直後の前記電位波形を参照用データとして格納する手段を有し、この参照用データと前記各製造工程終了後に取得した前記電位波形とを比較することにより前記断線故障が生じた工程を推定するようにしたことを特徴とする。

【0014】更にはまた、前記電子ビーム照射手段及びレーザービーム照射手段の照射箇所を特定するための物理座標を、前記集積回路を設計する際に使用されたCADデータから抽出決定する手段を含むことを特徴とする。また、前記製造工程毎の断線故障の発生率を監視してそれが所定値以上になったときに、その製造工程に対応する製造装置を製造ラインから切り離して保守点検の要求をなす手段を含むことを特徴とする。

【0015】本発明によれば、検査対象となる半導体集積回路を形成中の半導体ウェハに対して配線層形成側から電子ビームを照射しこの配線層を介して拡散層に電界を生じせしめる電子ビーム照射ステップと、前記ウェハの基板側から赤外波長域のレーザーを走査照射するレーザー照射ステップと、前記レーザーの反射強度や位相の変化を入射光との干渉によって測定検出する測定ステップと、この測定結果に従って前記ウェハの断線故障領域を検出する検出ステップとを含むことを特徴とする断線故障検出方法が得られる。

【0016】そして、前記測定ステップは、前記レーザーの反射強度や位相の変化に応じて前記ウェハの各領域の変位データを電位像として出力するステップを有することを特徴とし、また前記検出ステップは、前記ウェハの拡散層形成直後の電位像から得られた参照用データを格納するステップと、前記ウェハの各製造工程終了後に前記電位像を取得して前記参照用データと夫々比較することによって、前記断線故障が生じた工程と前記断線故障が生じた領域とを推定するステップとを有することを特徴とする。

【0017】更に、前記測定ステップは、前記レーザーの反射強度や位相の変化に応じて前記ウェハの拡散層の電位波形を出力するステップを有することを特徴とし、また前記検出ステップは、前記ウェハの各製造工程終了後に前記電位波形を取得してこの電位波形に応じて前記断線故障が生じた工程を推定するステップを有することを特徴とする。また、前記検出ステップは、前記ウェハの拡散層形成直後の前記電位波形を参照用データとして格納するステップを有し、この参照用データと前記各製造工程終了後に取得した前記電位波形とを比較すること

により前記断線故障が生じた工程を推定するようにしたことを特徴とする。

【0018】更にはまた、前記電子ビーム照射ステップ及びレーザービーム照射ステップの照射箇所を特定するための物理座標を、前記集積回路を設計する際に使用されたCADデータから抽出決定することを特徴とする。また、前記製造工程毎の断線故障の発生率を監視してそれが所定値以上になったときに、その製造工程に対応する製造装置を製造ラインから切り離して保守点検の要求をなすステップを含むことを特徴とする。

【0019】本発明の作用を述べる。半導体集積回路の製造プロセス中で、一工程終了後のウェハに対して配線層を形成する側から電子ビームを照射して拡散層に電界を生じせしめ、その電界変化を基板裏面からレーザー光を照射して、その反射光の位相や強度変化を電界光学効果検出装置によって検出して電位像を作成する。この電位像と予め作成されている拡散層形成直後の参照用電位像とを比較して、この比較結果によって断線故障の生じている配線を特定する。上記電位像の代わりに、拡散層の電位波形を取得して、この電位波形によって断線故障の生じている配線を特定することもできる。

【0020】また、各工程における断線故障の発生率を算出し、この算出率が所定値以上になった時には、その製造工程の製造設備を製造ラインから切り離して、保守点検などの処置を要求することができ、製造ラインの管理が可能となる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下に図面を参照しつつ本発明の実施の形態につき説明する。図1は本発明の実施の形態を示す概略ブロック図である。図1を参照すると、本発明によるLSI製造プロセス途中で断線故障箇所を検出する装置は、検査対象となるLSI製造プロセス中にあるウェハ100の配線層形成側から電子ビーム106を照射し、配線層を介して拡散層に電界を生じせしめる電子ビーム照射装置(SEM)101と、ウェハ100のSi基板側から赤外波長域のレーザービーム104を走査照射する走査型レーザー顕微鏡102と、レーザービーム104の反射強度や位相の変化を入射光との干渉によって検出する電界光学効果測定装置108と、変調強度を電圧変化として読み取り断線故障が生じた配線に接続している拡散層のみを明示する、データ処理をなすためのワークステーション(WS)109とを備える。

【0022】尚、図1において、105はウェハ100の両面からビームを入射可能な資料室を示しており、また107は一次電子ビーム106を生成するための電子銃を示すものである。

【0023】かかる断線故障検査装置によれば、検査対象となるウェハ100に断線故障箇所があれば、その故障箇所に接続した拡散層の電界が変化しないことから、断線の有無を検査できる。LSIの部分断面図である図

2を例にとると、タングステン(W)埋込電極211と第3配線層207、第2配線層208または第1配線層209との接続部が高抵抗値を持つと、拡散層213には電界は生じない。そのために、図5に電界光学効果を適用して取得した拡散層の電位像を模式的に示したように、ある工程終了後に電位像が500の状態から501の状態に変化すると、電位変化を生じなくなった拡散層213に接続されている配線のうち、その工程で形成された部分に断線故障が生じていると判断できる。

【0024】尚、図2において、201は層間絶縁膜、202はゲート酸化膜、203はエピタキシャル層、204はSi基板、205は絶縁保護膜、206は第4配線層、210は熱酸化膜、212はポリシリコン(多結晶シリコン)層を夫々示している。

【0025】従って、拡散層形成工程終了直後後に取得され全ての拡散層に電位変化が生じている模式的な電位像を500とし、その電位像を参照用にメモリ等に予め保存しておき、各工程終了後に取得する電位像と夫々比較することによって、ある拡散領域502に電位変化が生じなくなった電位像501を取得した時点で、断線故障が生じた工程と、その配線箇所とを特定できるという効果が得られるのである。

【0026】更に、断線故障が生じたウェハないしはロットを断線故障が発生した工程終了後に廃棄することによって、無駄な製造装置稼動を低減できることになる。また、断線故障発生率を各製造装置についてモニタし、断線故障発生率が採算の観点から問題となるほど上昇した装置の稼動を停止して保守点検などの対策を取り、製品歩留まりを一定以上に保持できるという効果も得られることになる。

【0027】

【実施例】本発明をより良く理解すべく、以下に図面を参照しつつ本発明の実施例を詳述する。図1を参照すると、本発明の一実施例としての装置構成図が示されている。図示するように、この断線故障検出装置は、走査型電子顕微鏡(SEM)101と、ウェハの両面からビームを照射できる試料室105と、走査型レーザー顕微鏡102と、電界光学効果測定装置108と、ワークステーション109とを備える。SEM101は試料ウェハ100の配線層形成側から電子ビーム106を全面走査照射もしくは部分照射可能な電子銃107を備える。電子ビームを照射することによってウェハの配線層形成側表面を帯電させる。ウェハ表面の帯電が配線を介して試料ウェハ内の拡散層に電界を生じさせる。

【0028】走査型レーザー顕微鏡102はその電界変化を検出するためのレーザービーム104を備える。拡散層の電位変化をレーザーの入射光と反射光の強度や位相の変化として測定する。電界光学効果測定装置108は光の干渉によってレーザーの入射光と反射光の強度や位相の変化を測定する。ワークステーション109はこ

の電界光学効果の測定値を元に画像処理を実施しウェハの基板側から拡散層の電位像を取得する。

【0029】次に、SEM101の電子ビーム照射による電気信号の供給について説明する。図2は図1に示した試料ウェハ100の一部の断面模式図である。この図2において4層の配線が形成されている。この層の異なる配線を接続するためにタングステン埋め込み電極211が設けられ、LSI製造プロセス終了後は、信号端子から入力された信号がこれらの配線を経由してトランジスタに伝播し電気特性検査が可能になる。しかし、例えば、第2配線層208形成プロセスまでしか完了していない状態では、信号端子とトランジスタは電気的に接続しておらず従来手法による電気特性検査は不可能である。

【0030】そこで、本発明では、第2配線層208形成プロセスまでしか完了していないウェハに対して電子ビームを照射することによって、ウェハの配線層形成側表面を帯電させる。このとき、照射表面が電気的に中性であれば二次電子生成効率が1以上になるよう電子ビームの加速電圧とビーム電流密度を調整することにより、表面の材料や凹凸形状に依存せずに照射直後にはウェハの配線層形成側表面は正に帯電するが、一定時間照射後には照射領域の一次電子入射と二次電子放出が定常状態に達し、逆に負に帯電している。

【0031】その表面の帯電状態を逆に反映した電位状態を配線層は有するので、照射によって配線に接続している拡散層213は負の電位から正の電位へ状態が遷移する。この変位が生じていない場合には断線故障が生じていると判断する。

【0032】次に、走査型レーザー顕微鏡102のレーザー照射104による電界光学効果検出に基づいた電位像取得方法について説明する。図5は電界光学効果を適用して取得した拡散層の電位像を模式的に示している。走査型レーザー顕微鏡のレーザービームの走査照射をウェハのシリコン基板から実施し、レーザーの入射と反射の干渉を測定することによって、拡散層の電位変化をレーザーの強度や位相の変調として検出できる。

【0033】その検出した値をウェハの各一定領域毎に積算し画像化することによって拡散層の電位像500が得られる。断線故障が生じている状態においては、拡散層に電位変化が生じていない領域が存在するので、その領域のみ高抵抗故障箇所を持つウェハの電位像の模式図である図5の501に示した断線故障箇所に接続している拡散層領域502のように識別できる。更に、図5の500と501との差像503を作成することによって、電位変化が伝播していない拡散層領域のみ強調表示される画像を取得できる。このようにして、各プロセス終了後にウェハの電位像を取得することによって故障が生じたプロセスと故障箇所を推定できるのである。

【0034】上記実施例において、配線層形成側表面を

帶電させるSEMは走査型レーザー顕微鏡としてもよい。また、図3に示すように、本装置をLSI製造ラインに組み込むことによって、製品毎の画像データベースの構築を行わずに、製造装置のモニタ装置として運用できるので、製造中に発生する断線故障をより短時間で検出できる。

【0035】本実施例では、本発明をLSI製造プロセス中の断線検出に適応したが、LSI製造工程モニタとしても適応することができる。その構成を図3に示す。図3(A)は製造ラインに本発明による断線故障検出装置を組む場合の模式図である。図中の矢印はウェハの抜取り検査による情報の流通を示す。

【0036】各工程終了後に、特定のウェハを断線故障検査装置3000で検査し断線故障発生数、発生箇所分布、推定故障原因等の情報を記録する。各製造装置3001~3006毎の断線故障発生率の推移を特定ウェハ抜き取り検査した記録の比較によって計測し、各製造装置の稼動状況が正常であるかどうかを判定するため特定のウェハを継続してモニタし、装置が正常状態で稼動しているかどうかをその装置による工程が終了した直後に把握できる。

【0037】図3(B)は製造工程の一つの装置である、例えばエッティング装置3002に本発明による断線故障検出装置を組む場合の模式図である。本図においては、エッティング試料室300の下部からレーザー光303を入射できるように改良を施した例を示している。主な改良点であるプロセス装置の下部電極302を改良した模式図を図4に示す。

【0038】下部電極302は、赤外線に対して透明な材質(例えば、LiF)402の上に金属配線を形成することによって作成される。この変更によって、製造プロセス中に試料室に高周波の電磁波を印加している状態において、高周波電源305からの電磁波によって生じるプラズマによるウェハ100の配線層形成側の帯電を、拡散層に生じた電位変化をウェハのシリコン基板側からレーザー303を照射して、製造中に発生する断線故障を実時間で検出できる。尚、図3(B)において、301は上部電極、304は反射レーザー光、306は導入ガスである。

【0039】従って、この実施例では、製造装置の異常を実時間でモニタ可能となり、各製造装置の断線故障発生率をモニタすることによって、断線故障発生率が上昇した装置の稼動を停止し保守点検などの対策を施すことによって、製造ラインの製品歩留まりの低下を防ぐことができる。

【0040】以上のことから、図6及び図7に本発明の実施例の動作を示すフローチャートが得られる。すなわち、図6を参照すると、ある製造工程が終了したとき(ステップS61)、検査対象のウェハの配線層形成側から全面に、電子ビームをSEM101(図1参照)に

より照射する(ステップS62)。次に、ウェハのシリコン基板側から全面に、走査型レーザー顕微鏡102により照射する(ステップS63)。この反射光を用いて、電界光学効果測定装置108によりウェハの電位像を生成取得する(ステップS64)。この取得データと、予め拡散層形成直後に同様な手法によって取得して得られている参照用電位像データとを、WS109において比較し、断線故障領域を検出するのである(ステップS65)。

【0041】以上の処理が核製造工程終了後に夫々実行される。そして、図7を参照すると、WS109は図6のフローで得られた各製造工程毎の製造装置の断線故障発生率を算出する(ステップS71)、そして、これ等各製造装置毎の断線故障発生率が一定値以上になったかを常にモニタしておき(ステップS72)、当該一定値以上になった時には、製造ラインからその製造装置を切り離し、保守点検等の要求をオペレータに通知する様に動作する(ステップS73)。

【0042】

【他の実施例】次に本発明の他の実施例について説明する。この実施例では、断線故障を検出する参照データとして電位像ではなく、CADデータを用いて同一の拡散層で取得した電位波形を用いることによって、データ取得を短時間で完了し、電位像に基づく先の実施例よりも高速に製造装置の異常を検出できる。以下に、図面を参照しつつ本発明の他の実施例を以下に詳述する。

【0043】本実施例でも図1の構成を使用することができるが、本例の場合には、先の第一の実施例と異なり、WS109はLSI設計に用いたCADデータから電子ビームの照射座標とそれに対応する裏面でのレーザービームの照射座標とを指定する機能と、ウェハにおける拡散層で電位波形を取得する機能とを備えるものとする。かかる構成における本発明の他の実施例の動作を図8のフローチャート及び図9の半導体集積回路装置の断面図を参照して説明する。尚、図9において図2と同等部分は同一符号にて示している。

【0044】先ず、SEM101の電子ビーム照射による電気信号の供給方法について説明する。図9を参照すると、4層の配線が形成されている。この層の異なる配線を接続するために埋め込み電極901~904が夫々設けられている。例えば、第2配線層形成プロセスまでしか完了していないウェハに対して、電子ビームを照射することによって、ウェハの配線層形成側表面を帯電させる。この電子ビーム照射に適した座標にのみ照射を行うことによって、ある領域に走査照射するよりも高速に照射点と電気的に接続した拡散層に電位変化を生じさせられることになる。

【0045】各配線層形成プロセス及び各埋込み電極形成プロセス完了後に新たに形成された部位から電子ビーム照射に適した部位905~908を選択し、LSI設

計に用いたCADデータを用いて照射点の物理座標の指定を行う（ステップS81～S82）。例えば、第1配線層209とポリシリ配線212とを接続する埋め込み電極901の導通を確認するためには、電子ビームの照射点として905を選択し、その物理座標をCADデータに基いて指定する。

【0046】同様に、第1配線層209と第2配線層208、第2配線層208と第3配線層207、第3配線層207と第4配線層206との各電気的接続を確認するためには、照射点を906、907、908へ、照射点を夫々変更して電子ビームの照射を実施する（ステップS83）。

【0047】次に、走査型レーザー顕微鏡102の照射レーザー104による電界光学効果検出に基づいた電位波形取得方法について説明する。図10は電界光学効果を適用して取得した拡散層の電位波形を模式的に示している。LSIの設計に用いたCADデータから上記電子ビーム照射点と電気的に接続されている拡散層の物理座標を指定し（ステップS84）、走査型レーザー顕微鏡102のレーザービーム104の照射をウェハ100のシリコン基板から実施し（ステップS85）、レーザーの入射と反射との干渉を測定することによって、拡散層の電位変化をレーザーの強度や位相の変調として検出できる。その検出した値をある一定時間毎に積算し量子化することによって照射点の表面電位変化1000に応じた拡散層の電位波形が得られる（ステップS86）。

【0048】正常に電位変化が生じている拡散層では1001に模式的に示すような電位波形が得られるが、断線故障が生じている状態においては、拡散層に電位変化が生じていないので、その領域のみ高抵抗故障箇所を持つ電位波形1002が得られる。このようにして、各プロセス終了後にウェハの電位像を取得することによって故障が生じたプロセスと故障箇所を推定できる（ステップS87）。

【0049】尚、正常な電位波形1001は拡散層形成直後に得られた電位波形であり、これを参照用データとしてメモリなどに記憶しておき、この記憶された参照用データと比較することで、断線故障が検出できる。

【0050】本実施例においては、図3に示すように、本装置をLSI製造ラインに組み込んで特定の拡散層での電位波形をモニタすることによって、LSI製造工程モニタとしても適応することができる。その構成を図3（A）に示す。図3（A）は製造ラインに本発明による断線故障検出装置を組み込む場合の模式図である。図中の矢印はウェハの抜き取り検査による情報の流通を示す。この場合における処理の動作フローについても、図7に示したフローを適用できるものである。

【0051】尚、本発明は上記各実施例に限定されることはなく、本発明の技術思想の範囲内において、各実施例は適宜変更され得ることは明らかである。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ウェハの配線層を形成する側から電子ビームを入射して拡散層に電界を生ぜしめ、その電界変化を基板裏面からレーザー光を入射して反射光の位相や強度変化を電界光学効果検出装置によって検出し、この検出結果に基づき断線故障の生じている配線を特定可能としたので、IC製造プロセス中の断線故障検出が容易になるという効果がある。

【0053】また本発明によれば、製造ラインを構成する各工程での製造装置毎の断線故障発生率をモニタし、その装置を用いた製造工程が完了したウェハを用いて上述した断線故障検査を実施して稼動状態に異常が生じた装置を特定することができる。IC製造ラインの管理が可能となるという効果がある。

【0054】更に本発明によれば、ウェハないしはロット単位で断線故障率を計測して、採算の観点からそれ以後の工程での処理が損失になるほど断線故障が多数発生した時点で、問題となるウェハないしはロットを廃棄することができるので、ICの製造歩留まりを管理することができるという効果がある。

【0055】更にはまた、本発明によれば、IC製造プロセス中のプラズマとウェハ表面との相互作用による配線を形成する側の帯電を利用することによって、その電界変化を基板裏面からレーザー光を入射して、反射光の位相や強度変化を電界光学効果検出装置によって検出し、この検出結果に基づき断線故障が生じている配線を特定可能としたので、IC製造プロセス中の断線故障検出が容易になるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の装置構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施例の動作を説明するためのLSIの一部断面模式図である。

【図3】IC製造プロセス装置に本発明を適用する場合の装置構成図であり、（A）は製造ラインに導入する場合の図、（B）は製造装置に導入する場合の図である。

【図4】図3（B）の製造装置において、本発明を適用する場合に、その下部電極を改変した模式図である。

【図5】本発明の実施例において、電界光学効果を適用して取得した拡散層の電位像の例を示す図である。

【図6】本発明の一実施例の処理を示すフローチャートである。

【図7】IC製造プロセス装置に本発明を適用する場合の処理を示すフローチャートである。

【図8】本発明の他の実施例の処理を示すフローチャートである。

【図9】本発明の他の実施例の動作を説明するためのLSIの一部断面模式図である。

【図10】電界光電効果を適用して取得した拡散層の電

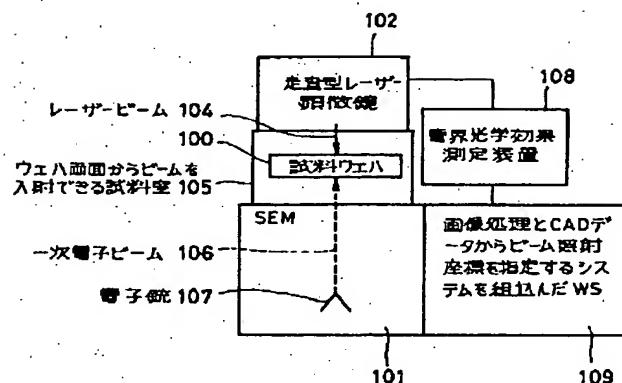
位波形を示す図である。

【符号の説明】

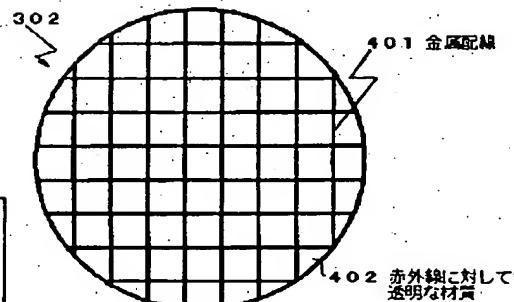
- 100 試料ウェハ
- 101 走査型電子顕微鏡 (SEM)
- 102 走査型レーザー顕微鏡
- 104 レーザービーム
- 105 資料室
- 106 一次電子ビーム
- 107 電子銃
- 108 電界光学効果測定装置
- 109 ワークステーション (WS)
- 204 シリコン基板
- 206~209 配線層
- 211 タングステン埋め込み層

- 213 拡散層
- 300 エッチング試料室
- 302 改良した下部電極
- 303 入射レーザー光
- 304 反射レーザー光
- 305 高周波電源
- 401 金属配線
- 500 断線故障箇所を持たないウェハの電位像
- 501 断線故障箇所を持つウェハの電位像
- 502 断線故障箇所に接続している拡散領域
- 503 500と501の差像
- 1001 良導状態にある拡散層の電位波形
- 1002 不良導状態にある拡散層の電位波形

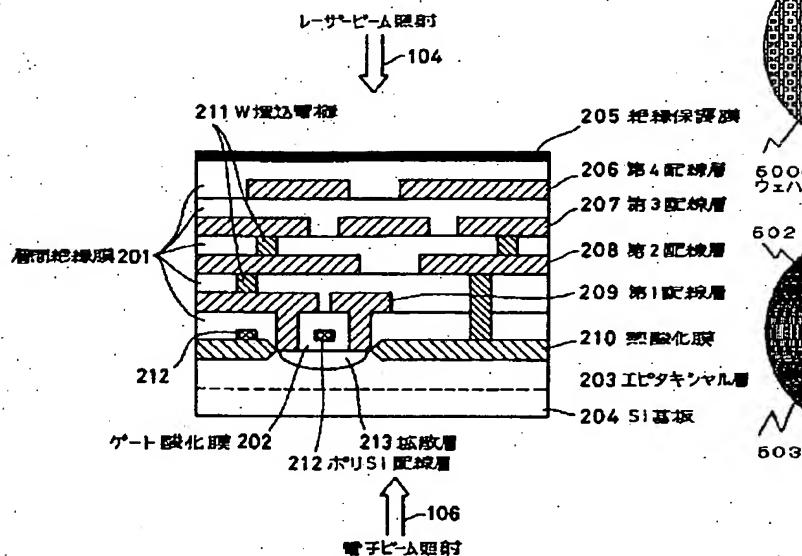
【図1】



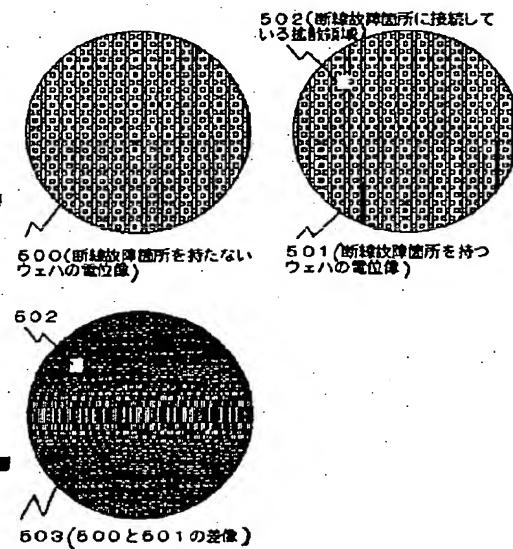
【図4】



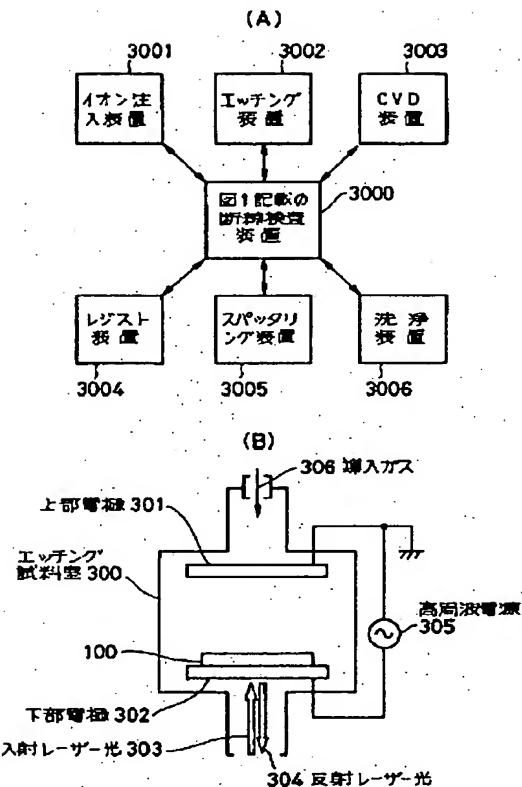
【図2】



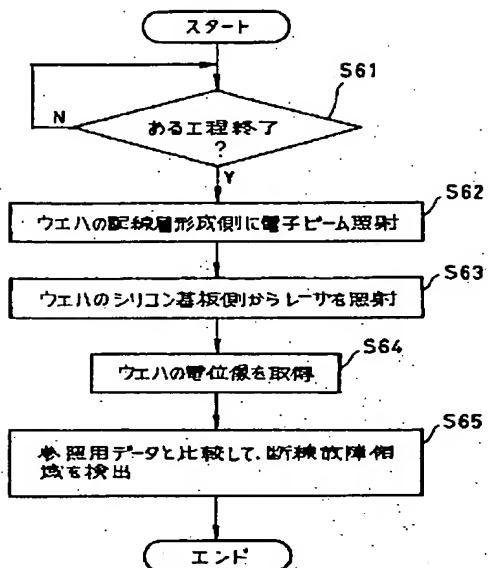
【図5】



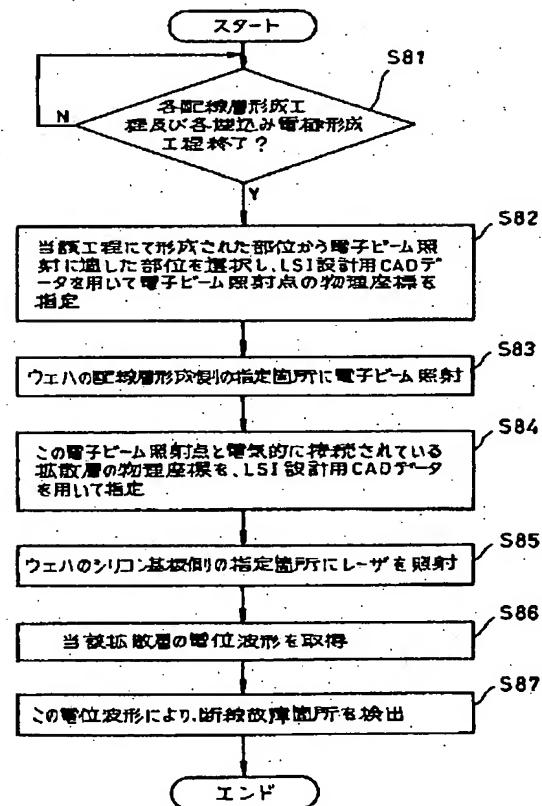
【図3】



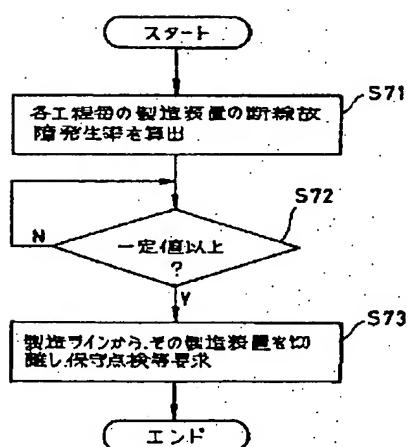
【図6】



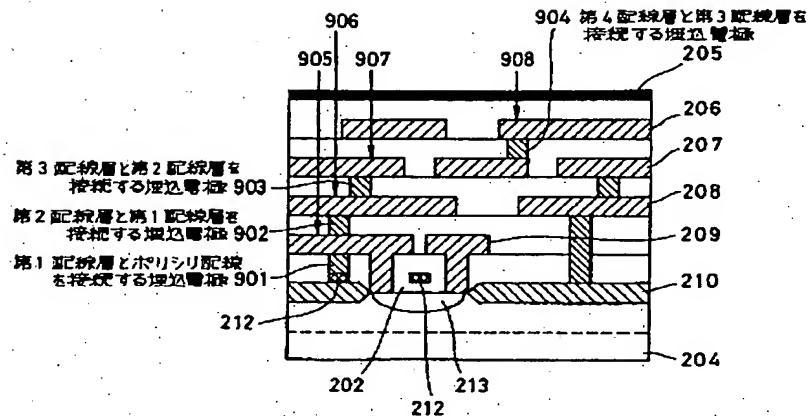
【図8】



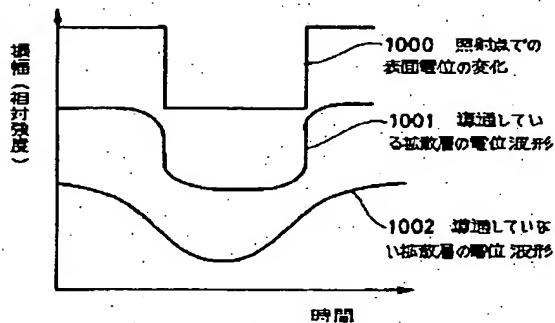
【図7】



【図9】



【図10】



【手続補正書】

【提出日】平成11年5月17日(1999.5.17)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正内容】

【0022】尚、図1において、105はウェハ100の両面からビームを入射可能な試料室を示しており、ま

た107は一次電子ビーム106を生成するための電子銃を示すものである。

【手続補正2】

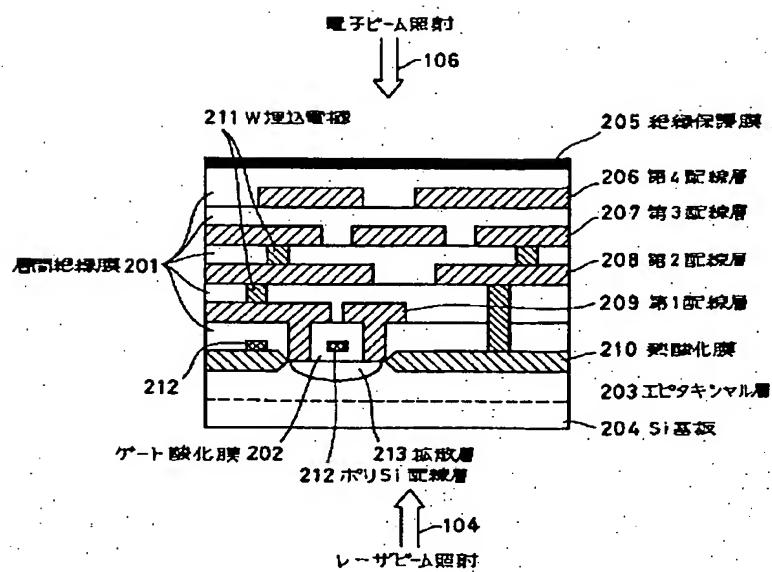
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図2

【補正方法】変更

【補正内容】

【図2】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G011 AD00 AE03
2G014 AA02 AB51 AC19
2G032 AA00 AC03 AD08 AE08 AF08
4M106 AA01 AA02 BA02 BA05 BA14
CA08 CA16 DE08 DE12 DE20
DE30 DJ18 DJ21 DJ38
9AC01 BB05 HH34 JJ48 KK54 LL05